

# Lecciones Aprendidas



## De los participantes de Natural Gas STAR

### OPTIMIZACIÓN DE LA CIRCULACIÓN DE GLICOL E INSTALACIÓN DE DEPÓSITOS SEPARADORES DE LÍQUIDOS EN LOS DESHIDRATADORES DE GLICOL (Optimize Glycol Circulation and Install Flash Tank Separators in Glycol Dehydrators)

#### Resumen gerencial

Existen aproximadamente 38,000 sistemas de deshidratación de glicol en el sector de producción de gas que emiten a la atmósfera aproximadamente 22 mil millones de pies cúbicos (Bcf) de metano al año. La mayoría de los sistemas de deshidratación usan trietilenglicol (TEG) como líquido absorbente para eliminar el agua del gas natural. Conforme el trietilenglicol absorbe el agua, también absorbe el metano, otros compuestos orgánicos volátiles (VOC) y los contaminantes peligrosos del aire (HAP). Mientras el trietilenglicol se regenera mediante calentamiento en un rehervidor, el metano absorbido, los compuestos orgánicos volátiles y los contaminantes peligrosos del aire se ventilan a la atmósfera con el agua, desperdiciándose gas y dinero.

La cantidad de metano que se absorbe y ventila es directamente proporcional a la tasa de circulación del trietilenglicol. Muchos pozos producen gas a una tasa mucho menor que la capacidad del diseño original pero continúan circulando el TEG a tasas dos o tres veces mayores de lo que es necesario, lo cual causa poca mejoría en la calidad de humedad del gas pero muchas más emisiones de metano y uso de combustible. Reducir las tasas de circulación reduce las emisiones de metano a un costo insignificante.

Instalar depósitos separadores de líquidos en los deshidratadores de glicol reduce aun más las emisiones de metano, de VOC y de HAP e incluso ahorra más dinero. El gas recuperado puede reciclarse por la succión del compresor y/o usarse como combustible para el rehervidor de trietilenglicol y el motor del compresor. Los análisis económicos muestran que el costo de inversión en depósitos separadores de líquido instalados en unidades de deshidratación se recupera en 4 a 17 meses.

Método para reducir la pérdida de gas	Tasas de circulación de TEG (gal/hora)	Valor del ahorro de gas (\$/año) <sup>2</sup>		Costo de la reducción de la pérdida de gas	Plazo de recuperación de la inversión (meses)
		Intercambio de energía	Bomba eléctrica		
Reducción de las tasas de circulación de trietilenglicol (TEG)	50% a 200% sobrecirculación <sup>1</sup>	390 a 39,400/año <sup>1</sup>		Insignificante	Inmediatamente
Depósitos separadores de líquido	150	2,130 <sup>3</sup>	710 <sup>3</sup>	\$5,000-\$5,600	6-17
	450	21,295 <sup>3</sup>	8,762 <sup>3</sup>	\$7,000-\$14,000	5-8

<sup>1</sup> Las tasas de circulación óptima fluctuaron de 30 a 750 gal TEG/hora.

<sup>2</sup> A \$3.00/Mcf.

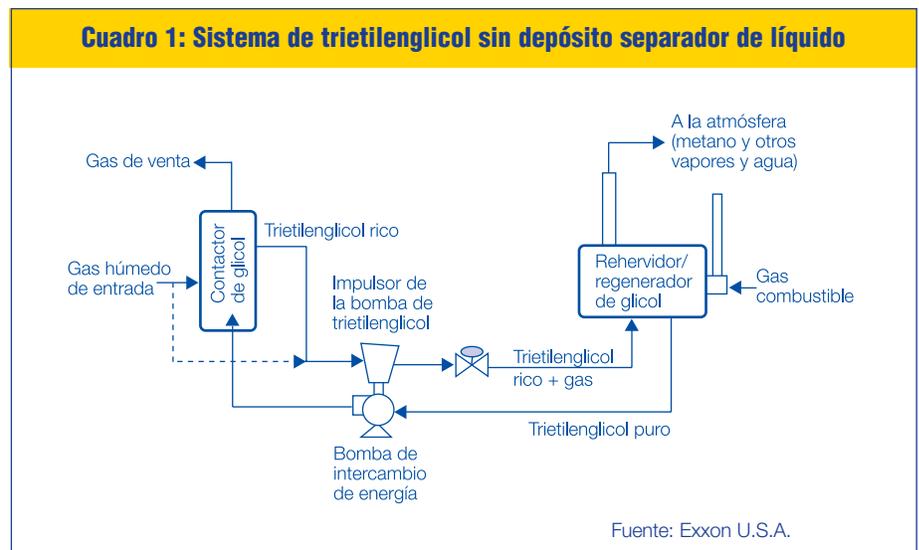
<sup>3</sup> Incluye los ingresos de venta de líquido de gas natural recuperado.

Esta publicación es una de la serie de resúmenes de Lecciones Aprendidas preparados por EPA en colaboración con la industria de gas natural que comprenden las aplicaciones superiores del Programa de Mejores Prácticas Administrativas (BMP, por sus siglas en inglés) de Natural Gas STAR y Oportunidades Identificadas por los Participantes (PRO, por sus siglas en inglés).

## Antecedentes tecnológicos

Muchos productores usan trietilenglicol (TEG) en los deshidratadores para eliminar el agua de la corriente de gas natural y cumplir con las normas de calidad de las tuberías. En el sistema típico de trietilenglicol que se muestra en el Cuadro 1, el trietilenglicol “puro” (seco) se bombea al contactor de gas. En el contactor, el trietilenglicol absorbe el agua, el metano, los VOC y los HAP (incluyendo el benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX)), de la producción de gas húmedo. El trietilenglicol “enriquecido” (húmedo) sale del contactor saturado con gas a la presión de venta de la tubería, normalmente entre 250 y 800 psig. El gas arrastrado en el glicol enriquecido, más el gas húmedo adicional que se desvía del contactor, se expande a través del impulsor de intercambio de energía de la bomba de circulación de trietilenglicol. El trietilenglicol después circula a través del rehervidor en donde el agua absorbida, el metano y los VOC se hierven y ventilan a la atmósfera. El trietilenglicol puro después se envía a través de la bomba de intercambio de energía de regreso al contactor de gas y se repite el ciclo.

**Cuadro 1: Sistema de trietilenglicol sin depósito separador de líquido**



Debido a que el sistema descrito anteriormente está diseñado principalmente para eliminar el agua de la corriente de gas, puede causar emisiones de metano importantes. Afortunadamente existen varias medidas que pueden tomar los operadores para reducir al máximo la pérdida de gas:

### 1) Reducción de la tasa de circulación del trietilenglicol

Los campos de producción de gas experimentan una disminución en la producción, cuando la presión se extrae del recipiente. Los deshidratadores de glicol de la cabeza del pozo y sus tasas de circulación de trietilenglicol están diseñados para la tasa inicial más alta de producción, y por lo tanto, aumentan de tamaño conforme madura el pozo. Es común que la tasa de circulación de trietilenglicol sea mucho más alta que lo necesario para cumplir con las especificaciones sobre contenido de humedad del gas para venta. Las emisiones de metano del deshidratador de glicol son directamente proporcionales a la cantidad de trietilenglicol circulado por el sistema. Mientras mayor sea la tasa de circulación, más será el metano que se ventila del regenerador. La sobrecirculación causa más emisiones de metano sin la reducción necesaria e importante de contenido de humedad del gas. Los partici-

pantes de Natural Gas STAR han descubierto que los sistemas de deshidratadores con frecuencia recirculan el trietilenglicol a tasas dos o veces más altas de lo que es necesario. Los operadores pueden reducir la tasa de circulación de trietilenglicol y más adelante reducir la tasa de emisiones de metano, sin afectar el desempeño de la deshidratación ni añadir ningún costo adicional.

## 2) Instalación de un depósito separador de líquido

La mayoría de los deshidratadores del sector de producción y procesamiento envían una mezcla de glicol y gas de la bomba de circulación de trietilenglicol directamente al regenerador, en donde todo el metano y los VOC arrastrados con el trietilenglicol se ventilan a la atmósfera. Un estudio de la industria descubrió que los depósitos separadores de líquido no se usaban en el 85 por ciento de las unidades de deshidratación que procesaban menos de un MMscfd de gas, 60 por ciento de las unidades que procesaban uno a cinco MMscfd de gas y 30 a 35 por ciento de las unidades que procesaban más de cinco MMscfd de gas.

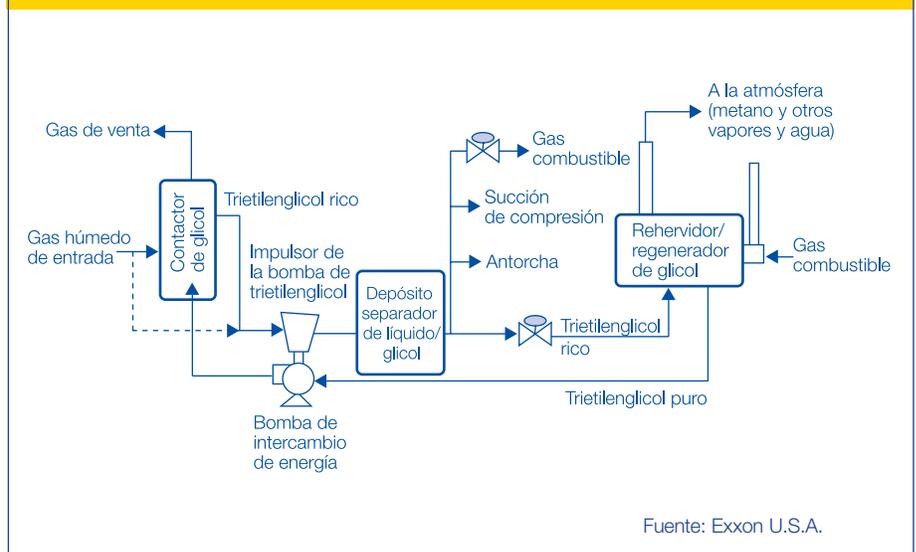
En el depósito separador de líquido, el gas y el líquido se separan a la presión del sistema de gas combustible o a la presión de succión del compresor de 40 a 100 psig. A esta presión baja y sin añadir calor, el gas está enriquecido en metano y ligero de componentes orgánicos volátiles pero sigue en solución con el trietilenglicol. El depósito de separación de líquido captura el 90 por ciento del metano aproximadamente y del 10 al 40 por ciento de los compuestos orgánicos volátiles arrastrados por el trietilenglicol, de esa manera reduciendo las emisiones. El trietilenglicol húmedo, drenado en gran medida del metano y los hidrocarburos ligeros, fluye al rehervidor/ regenerador de glicol en donde se calienta hasta hervir y agotar el agua absorbida, el metano restante y los compuestos orgánicos volátiles. Estos gases normalmente se ventilan a la atmósfera y el trietilenglicol puro vuelve a circular de regreso al contactor de gas. El Cuadro 2 muestra un deshidratador de trietilenglicol con un depósito separador de líquido.

### Reglamentos de NESHAP

El 29 de junio de 2001, EPA terminó las normas nacionales de emisión de contaminantes peligrosos del aire (National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: NESHAP) para las Instalaciones de Producción de Petróleo y Gas Natural (40 CFR 63 Subparte HH) y para las Instalaciones de Transmisión y Almacenamiento de Petróleo y Gas (40 CFR 63 Subparte HHH). Estas normas establecieron un piso de producción de 3 MMscf/día en las instalaciones de producción y una más alta de 10 MMscf/día en las instalaciones de transmisión y almacenamiento. Por encima de estos pisos los operadores necesitan instalar equipo para reducir los contaminantes peligrosos del aire de las ventilas del deshidratador en un 95 por ciento usando sistemas de control de ventilas cerradas o mediante modificaciones al proceso, o quemar los contaminantes peligrosos del aire a menos de 20 ppmv. Estas normas también se señalan si las emisiones totales de benceno sobrepasan 1 ton/año.

**Nota:** Podría ser necesario tener que instalar depósitos separadores de líquido en deshidratadores grandes para poder cumplir con las normas de Maximum Available Control Technology (MACT) bajo la industria del petróleo y gas de NESHAP. Cuando estas instalaciones se requieren por ley, el participante no debe incluir las reducciones de metano asociadas en los Informes Anuales de Natural Gas STAR.

**Cuadro 2: Esquema de un deshidratador con depósito separador de líquido**



Fuente: Exxon U.S.A.

### 3) Uso de bombas eléctricas en lugar de bombas de intercambio de energía

Los campos remotos de gas no tienen energía eléctrica y en lugar de eso usan bombas de “intercambio de energía” para energizar la bomba de circulación de trietilenglicol puro. Por cada volumen de gas que se absorbe en el trietilenglicol enriquecido que sale del contactador, deben añadirse dos volúmenes más de gas del gas húmedo alimentado para suministrar suficiente energía al impulsor para la bomba de trietilenglicol puro. Por lo tanto, usar una bomba de pistones o una bomba de tipo engrane de “intercambio de energía” triplica la cantidad de gas arrastrado con el trietilenglicol y ventilado a la atmósfera cuando no existe un depósito separador de líquido. Instalar un motor eléctrico en lugar de una bomba de intercambio de energía elimina esta fuente adicional de emisiones. Las bombas convencionales de tipo de pistón de intercambio de energía con frecuencia también producen fugas de trietilenglicol enriquecido (húmedo) al trietilenglicol puro (seco). Las fugas de sólo 0.5 por ciento pueden duplicar la tasa de circulación necesaria para mantener el contenido de humedad del gas de venta, y de ese modo, aumentando el potencial de emisiones. Para obtener más información sobre esta práctica, vea *Lecciones Aprendidas* de EPA: *Reemplazo de bombas auxiliadas con gas por bombas eléctricas (Replacing Gas-Assisted Glycol Pumps with Electric Pumps)*.

---

## Beneficios económicos y para el medio ambiente

El optimizar la circulación del glicol e instalar depósitos separadores de líquido ofrece varios beneficios al medio ambiente y económicos:

- ★ Reducir la circulación de glicol a la tasa óptima que ahorra el costo del reemplazo de glicol así como el consumo de combustible en el rehervidor.
- ★ Reducir las emisiones (BTEX) de los componentes orgánicos volátiles y los contaminantes peligrosos del aire mejora la calidad del aire a nivel de tierra. Las reducciones de emisiones BTEX pueden ser importantes para los deshidratadores grandes.
- ★ Usar los depósitos separadores de líquido en las unidades de deshidratación con un condensador en la ventila del rehervidor mejora la eficiencia del condensador al eliminar la mayoría del gas no condensable, principalmente metano. Un condensador recupera líquidos de gas natural (NGL) y los contaminantes peligrosos del aire con más eficacia que los depósitos separadores de líquidos solos.
- ★ Usar el gas recuperado en el depósito separador de líquido como gas combustible reduce los costos de operación.
- ★ El gas recuperado de la tubería del depósito separador de líquidos a la sección de succión de un compresor corriente arriba (un diseño común en las instalaciones nuevas) reduce el costo de producción.
- ★ Dirigir la tubería de ventilación del regenerador del deshidratador a una unidad de recuperación de vapor permite que el depósito separador de líquido del gas se use como gas estabilizador en el rehervidor de glicol.

---

## Proceso de decisión

Los operadores pueden calcular el costo y los beneficios de optimizar la tasa de circulación del trietilenglicol e instalar un depósito separador de líquido siguiendo los cinco pasos a continuación:

**Paso 1: Optimizar la tasa de circulación.** Los operadores pueden calcular fácilmente la tasa de circulación óptima haciendo unos cuantos cálculos sencillos. Primero se debe obtener la tasa de circulación actual leyendo el controlador de flujo, el cual mide galones de trietilenglicol circulado. Por cada galón de trietilenglicol circulado, se absorbe un pie cúbico estándar de metano, y si la unidad tiene una bomba de intercambio de energía, se necesitarán dos pies cúbicos más para impulsar la bomba. Todo este gas se ventila a la atmósfera cuando no hay depósito separador de líquido.

A continuación, determine la tasa de circulación mínima que es necesaria para desaguar la corriente de gas. La tasa mínima de circulación de trietilenglicol en un lugar en particular es una función de la tasa de flujo de gas, el contenido de agua del gas de entrada, y el contenido

### Cinco pasos para la evaluación de la tasa de circulación de trietilenglicol y la instalación del depósito separador de líquido:

1. Optimizar la tasa de circulación.
2. Identificar las unidades de deshidratación sin depósitos separadores de líquido.
3. Calcular los costos de capital e instalación.
4. Calcular el valor del gas ahorrado.
5. Análisis de los aspectos económicos.

deseado de agua en el gas de salida. La tasa de eliminación de agua es una función de la tasa de flujo de gas y la cantidad de agua a eliminarse de la corriente del gas. La proporción de trietilenglicol por agua (cuántos galones de trietilenglicol se necesitan para absorber 1 libra de agua) varía entre 2 a 5 galones de trietilenglicol por libra de agua; la regla general aceptada por la industria es 3 galones de trietilenglicol por libra de agua eliminada. Mientras mayor sea la tasa de eliminación de agua o mientras más alta sea la proporción de trietilenglicol por agua, mayor deberá ser la tasa de circulación de trietilenglicol. Algunos participantes de STAR informaron tener proporciones más bajas de trietilenglicol por agua que la norma (por ejemplo, de <3 galones de trietilenglicol por libra de agua), lo cual reduce las tasas óptimas de circulación de trietilenglicol.

Pueden surgir problemas si la tasa de circulación de trietilenglicol es demasiado baja, por lo tanto se desea cierta cantidad de sobrecirculación. Por ejemplo, una tasa de circulación demasiado restringida puede causar problemas con el sistema hidráulico de la bandeja, el desempeño de contactor y llegar al contacto accidental con los intercambiadores de calor de glicol a glicol. Por lo tanto los operadores deben incluir un margen de seguridad, o una “zona de comodidad”, cuando calculan las reducciones de las tasas de circulación. Una tasa de circulación óptima para cada unidad de deshidratación por lo general fluctúa de 10 a 30 por ciento por encima de la tasa de circulación mínima. Las fórmulas usadas para determinar las tasas de circulación mínimas y óptimas del trietilenglicol se muestran en el Cuadro 3.

### Cuadro 3: Cálculo de la tasa óptima de circulación del trietilenglicol

Un deshidratador de 20 MMcf/día tiene una tasa de circulación de trietilenglicol fijada en 280 gal/hora, y la corriente de gas húmedo tiene 60 libras de agua/MMcf. Se desea una zona de comodidad de 15 por ciento sobre la tasa mínima. La tasa óptima de circulación trietilenglicol puede calcularse de la manera siguiente:

#### Dada la siguiente información:

F = Tasa de flujo de gas (MMcf/d)

I = Contenido de agua de entrada (lb/MMcf)

O = Contenido de agua de salida (lb/MMcf) (la regla general es 4)

G = Proporción de glicol por agua (gal de TEG/lb de agua) (la regla general es 3)

L(mín) = Tasa mínima de circulación de trietilenglicol (gal/hr)

W = Tasa de eliminación de agua (lb/hr)

#### Calcule: L(mín) = Tasa mínima de circulación de trietilenglicol (gal/hr)

$$L(\text{mín}) = W * G$$

$$W = \frac{F * (I - O)}{24 \text{hr} / \text{día}}$$

$$W = \frac{20 * (60 - 4)}{24 \text{hr} / \text{día}} = 46.66 \text{ lb agua/hr}$$

$$G = 3$$

$$L(\text{mín}) = 46.66 * 3 = 140 \text{ gal TEG/hr}$$

**Ésta es la tasa de circulación mínima. Añadir 15 por ciento sobre L(mín) para la zona de comodidad ofrece una tasa de circulación óptima de 160 gal TEG/hr. Por ejemplo:**

$$L(\text{opt}) = \text{Tasa de circulación óptima } L(\text{opt}) = 140 \text{ gal TEG/hr} * 1.15 = 160 \text{ gal TEG/hr}$$

**Los participantes de Natural Gas STAR y otros expertos de la industria han identificado cinco razones comunes por las que los operadores de deshidratadores de glicol sobre circulan el trietilenglicol:**

- Las bombas de intercambio de energía operadas con gas pueden contaminar el glicol puro, haciendo que éste sea menos eficaz para absorber el agua de la corriente de gas húmedo. Para compensar esto, los operadores sobre circulan el trietilenglicol para lograr el mismo punto de condensación que se lograría con el glicol no contaminado circulando a una tasa menor.
- Las tasas de circulación se fijan para igualar la capacidad de diseño de la planta, en lugar de en la producción real.
- Las tasas más altas garantizan la deshidratación adecuada a tasas de producción de gas fluctuantes.
- Las unidades de deshidratación están en lugares remotos, lo que presenta un inconveniente para los ajustes frecuentes.
- Los deshidratadores están operados por contratistas independientes que tienen poca iniciativa para optimizar la tasa de circulación y reducir las pérdidas de metano.

**Paso 2: Identificar las unidades de deshidratación sin depósitos separadores de líquido.**

La mayoría de las unidades de deshidratación nuevas incluyen depósitos separadores de líquido como equipo estándar. Sin embargo, dos tercios aproximadamente de las unidades operativas, no tienen depósitos separadores de líquido; éstas son principalmente unidades más pequeñas, más viejas y más remotas. Antes de continuar al paso siguiente, los operadores primero deben identificar las unidades de deshidratación que no tienen depósitos separadores de líquido.

**Paso 3: Calcular los costos de capital e instalación.** Para fines de este análisis, se supone que el costo de la optimización de la tasa de circulación de glicol es muy pequeño (1/2 hora a \$25/hora).

Antes de calcular los costos de comprar e instalar un depósito separador de líquido, los participantes deben elegir el diseño y el tamaño que cumpla con sus necesidades. La selección del depósito separador de líquido depende de un número de factores que incluyen la composición de la corriente del gas (por ejemplo, la tasa de recuperación de los líquidos del gas), los 7 requisitos del código de construcción, el costo y la facilidad de implementación. Los depósitos separadores de líquido se fabrican en dos diseños, verticales y horizontales. En general, los operadores que tienen volúmenes importantes de líquidos de gas natural (NGL) en la corriente de gas deben usar un separador horizontal de tres fases (gas natural, trietilenglicol, líquidos de gas natural) con un tiempo de retención de 10 a 30 minutos. Las operaciones que no tienen cantidades comerciales de líquidos de gas natural (NGL) pueden usar un separador de dos fases (gas natural, trietilenglicol) con un tiempo de retención de 5 a 10 minutos. Las cámaras verticales son más apropiadas para los sistemas de dos fases.

Los fabricantes venden una amplia gama de depósitos separadores de líquido “estándar”, los cuales tienen especificaciones de acuerdo con el tiempo y el volumen de asentamiento. Para determinar el tamaño adecuado de un depósito separador de líquido, los participantes deben calcular el volumen de asentamiento necesario para cada sistema.

El Cuadro 4 presenta la circulación básica para determinar el volumen de asentamiento necesario para el depósito separador de líquidos de acuerdo con la tasa de circulación de trietilenglicol. Podría ser necesario un volumen adicional si los operadores también asientan los líquidos de gas natural en el depósito separador de líquidos para que un camión tanque los recoja con regularidad. Por ejemplo, si la tasa de circulación del trietilenglicol indica un volumen de asentamiento de 75 galones, y se acumularán 35 galones de líquidos de gas natural, el volumen de asentamiento deberá aumentarse 35 galones.

**Cuadro 4: Medición del tamaño del depósito separador de líquido**

**Dada la siguiente información:** L = Tasa de circulación de trietilenglicol en galones/hora  
T = Tiempo de retención en minutos

**Calcule:** SV = Volumen de asentamiento de líquidos (galones)  
 $SV = (L * T) \div 60$

**Nota:** Añada el volumen específico del lugar de acumulación de líquidos en el gas natural que se recoge regularmente.

El costo total de un depósito separador de líquido depende de: (A) costo de capital y (B) costos de instalación y operación.

*(A) Costo de capital*

El costo del depósito separador de líquido puede fluctuar entre \$2,500 y \$5,000, sin instalar, dependiendo del diseño y tamaño del depósito. Si el tamaño requerido sobrepasa la norma más grande de depósitos separadores de líquido disponibles, los operadores pueden pedir uno a la medida, instalar múltiples depósitos en paralelo o instalar un tanque de acumulación de líquidos de gas natural por separado.

*(B) Costos de instalación y operación*

Los costos de instalación dependen de la ubicación, el terreno, la cimentación, la protección a la intemperie (los códigos de fabricación de cámaras están basados en la cantidad de ácido sulfhídrico del gas), la capacidad de acumulación y la recolección de los líquidos del gas natural, y la automatización e instrumentación. La información provista por las compañías fabricantes de depósitos separadores de líquido sugieren un costo promedio de instalación de \$1,200, incluyendo los costos de entrega, ensamblado y mano de obra. Este costo puede aumentar hasta un 80 por ciento, dependiendo de los factores específicos del lugar.

Los depósitos separadores de líquido instalados en unidades deshidratadoras existentes son prefabricados, e incluyen la tubería, las válvulas y el equipo relacionado. La instalación puede realizarse con un tiempo mínimo fuera de servicio. Para minimizar los costos de instalación, los participantes sugieren instalar el depósito separador de líquidos cuando la unidad deshidratadora se repare o durante otras revisiones generales del sistema.

Los depósitos separadores están diseñados como cámaras simples de presión, con pocas piezas operativas. Por lo tanto, los costos de operación y mantenimiento (O&M) son insignificantes. Los participantes han descubierto que el mantenimiento de los depósitos separadores puede realizarse durante las prácticas de operación y mantenimiento de rutina de la unidad deshidratadora.

Los costos de capital e instalación de una gama de tipos y tamaños de depósitos separadores se proporcionan en los Cuadros 5A y 5B.

<b>Cuadro 5A: Tamaños y costos de los depósitos separadores verticales</b>					
<b>Volumen de asentamiento (galones)<sup>1</sup></b>	<b>Diámetro (pies)</b>	<b>Altura (pies)</b>	<b>Costo de capital (\$)</b>	<b>Costo de instalación (\$)</b>	<b>Costo de operación y mantenimiento (\$)</b>
8.2	1.08	4	2,500	1,200 - 2,160	Insignificante
13.5	1.33	4	3,300	1,200 - 2,160	Insignificante
22.3	1.66	4	4,300	1,200 - 2,160	Insignificante
33.6	2	4	5,000	1,200 - 2,160	Insignificante

Nota: La información de los costos fue provista por Sivalls, Incorporated.  
<sup>1</sup> Volumen de asentamiento = la mitad del volumen total (sin incluir los requisitos de acumulación de los líquidos de gas natural).

<b>Cuadro 5B: Tamaños y costos de los depósitos separadores horizontales típicos</b>					
<b>Volumen de asentamiento (galones)<sup>1</sup></b>	<b>Diámetro (pies)</b>	<b>Longitud (pies)</b>	<b>Costos de capital (\$)</b>	<b>Costo de instalación (\$)</b>	<b>Costo de operación y mantenimiento (\$)</b>
49	2	3	3,000	1,200 - 2,160	Insignificante
65	2	5	3,200	1,200 - 2,160	Insignificante
107	2.5	5	3,400	1,200 - 2,160	Insignificante
158	3	5	4,800	1,200 - 2,160	Insignificante
225	3	7.5	5,000	1,200 - 2,160	Insignificante

Nota: La información de los costos fue provista por Sivalls, Incorporated.  
<sup>1</sup> Volumen de asentamiento = la mitad del volumen total (sin incluir los requisitos de acumulación de los líquidos de gas natural).

**Paso 4: Calcular el valor del gas ahorrado.** Los ahorros de gas pueden lograrse al optimizar la tasa de circulación solamente, instalando un depósito separador y en ciertas circunstancias, haciendo ambas cosas. El Cuadro 6 muestra cómo determinar la cantidad de ahorros de gas proveniente de la optimización de la tasa de circulación de trietilenglicol sin un depósito separador de líquido. Los ahorros adicionales de la reducción de la tasa de circulación de trietilenglicol incluyen:

- ★ Requisitos más bajos de combustible para el regenerador. Reduciendo la carga del regenerador con un servicio de calentamiento de 1,340 Btu/gal de trietilenglicol circulado, puede ahorrar entre \$545 y \$54,456 al año, dependiendo de la cantidad de sobrecirculación y del valor de calentamiento del gas natural.
- ★ Una frecuencia reducida de reemplazo de glicol. Los expertos de la industria calculan que se pierde el 0.5 por ciento del volumen de trietilenglicol por hora. Los ahorros anuales pueden fluctuar desde \$393 (si se reducen las tasas de circulación de 45 a 30 galones por hora) hasta \$39,300 (si las tasas se reducen de 3,000 a 750 galones por hora).

Instalar un depósito separador de líquidos permite a los participantes recuperar la mayoría del gas arrastrado en el trietilenglicol. La cantidad de gas que se ahorra al instalar el depósito separador es una función del tipo de la bomba de circulación de trietilenglicol, la tasa de circulación de glicol del deshidratador y la presión en el depósito separador. Por lo general, cerca del 90 por ciento del metano puede recuperarse del trietilenglicol usando un depósito separador.

El tipo de bomba de circulación que se usa en el deshidratador tiene el mayor efecto en la recuperación del gas. Como regla general, cada galón de trietilenglicol que sale del contactor tiene un pie cúbico de metano disuelto. Las bombas de intercambio de energía requieren gas adicional a alta presión junto con el de la corriente de trietilenglicol puro para suministrar la energía necesaria para bombear el trietilenglicol puro de regreso al contactor. Como resultado, aumentan la cantidad de metano que es arrastrado a tres pies cúbicos por galón de trietilenglicol circulado.

**Cuadro 6: Cálculo de los ahorros anuales totales de la optimización de la circulación de trietilenglicol en los deshidratadores que no tienen depósito separador de líquido**

**Dada la siguiente información:**

A = Tasa de absorción de trietilenglicol (TEG) (pies<sup>3</sup>/galón de TEG) (la regla general es 1)

E = Gas de bomba de intercambio de energía, si corresponde (pies<sup>3</sup>/galón de TEG) (la regla general es 2)

H = Horas al año (8,760)

P = Precio de venta del gas (suponiendo \$3/Mcf)

L (original) = Tasa de circulación del TEG (galón/hora) antes del ajuste

L (original) = Tasa de circulación del TEG (galón/hora) después del ajuste

**V = Valor del gas ahorrado (\$/año)**

$$V = \frac{(L(\text{original}) - L(\text{óptima})) * (A + E) * H * P}{1,000}$$

Al aplicar esta fórmula se muestra que pequeñas reducciones en las tasas de circulación rinden ahorros importantes como se muestra en los siguientes ejemplos. Observe que los ahorros pueden reducirse 2/3 cuando se bombea glicol puro usando un motor eléctrico en lugar de una bomba de intercambio de energía.

Tasa de circulación original	Tasa de circulación óptima	Ahorros anuales de metano (Mcf)	Ahorros anuales (@ \$3/Mcf)
45	30	394	\$1,182
90	30	1,577	\$4,731
225	150	1,971	\$5,913
450	150	7,884	\$23,652
675	450	5,913	\$17,739
1350	450	23,652	\$70,956
1125	750	9,855	\$29,565
2250	750	39,420	\$118,260

El Cuadro 7 muestra cómo calcular la cantidad de metano que se ventila cuando no se tiene un depósito separador de líquido, así como el valor del gas que podría ahorrarse si se usara un depósito separador. Este ejemplo supone que se optimiza las tasas de circulación de trietilenglicol.

### Cuadro 7: Cantidad de gas ventilado sin depósito separador y ahorros potenciales

Suponga que una unidad deshidratadora con una bomba de intercambio de energía circula 150 galones de trietilenglicol por hora, con una tasa de recuperación de 90 por ciento, y gas a un precio de \$3 por Mcf.

**Dada la siguiente información:**

L = Tasa de circulación de trietilenglicol (TEG) (galones/hora)

G = Tasa de arrastre de metano (la regla general es 3 pies cúbicos/galón para las bombas de intercambio de energía; 1 pie cúbico/galón para las bombas eléctricas)

**Calcule:** V = Cantidad de gas ventilado anualmente (Mcf/año)

$$V = (L * G) * 8,760 \text{ (horas al día)} \div 1000 \text{ cf/Mcf}$$

$$V = 150 \text{ gal/hora} * 3 \text{ scf/gal} * 8,760 \text{ horas/año} \div 1000 \text{ cf/Mcf}$$

$$V = 3,942 \text{ Mcf/año}$$

$$\text{Ahorros} = 3,942 \text{ Mcf} * 0.9 * \$3/\text{Mcf} = \$10,643 \text{ al año}$$

El Cuadro 8 compara los ahorros potenciales usando un depósito separador de líquido, calculado para bombas eléctricas y de intercambio de energía a tasas de circulación diferentes. Como muestra el cuadro, las unidades deshidratadoras más pequeñas, y las unidades con bombas eléctricas de circulación, tienen un menor potencial económico para pagar el costo del depósito separador.

### Cuadro 8: Ahorros potenciales al usar un depósito separador de líquido

Tasas de circulación de TEG (gal/hora)	Bomba de intercambio de energía		Bomba eléctrica	
	Mcf/año	\$/año	Mcf/año	\$/año
30	710	2,129	237	710
150	3,548	10,643	1,183	3,548
300	7,096	21,287	2,365	7,096
450	10,643	31,930	3,548	10,643

Es importante notar que puede generarse una rentabilidad adicional mediante la venta de líquidos de gas natural (NGL, por sus siglas en inglés). Cuando se trata una producción de gas enriquecido, los líquidos de gas natural con frecuencia se condensan y se separan en el depósito separador de líquido. La cantidad varía dependiendo de la temperatura, las presiones del contactor y el depósito separador, la composición del gas producido y el arrastre de gas en el trietilenglicol. Ésta es una evaluación muy específica al lugar y está fuera del alcance de este estudio.

**Paso 5: Análisis de los aspectos económicos.** Según se demuestra en el Paso 4, la optimización de la circulación de glicol a una tasa más baja siempre ahorrará dinero. Por lo tanto los participantes siempre deben tomar esta medida primero, sin importar si deciden instalar el depósito separador o no. El resto de este análisis se concentra en los depósitos separadores de líquido y supone que la tasa de circulación de glicol ya se ha optimizado.

Una vez que se hayan calculado los costos de capital e instalación y el valor del gas ahorrado, los participantes deberán realizar un análisis económico. Una manera sencilla de evaluar los aspectos económicos es a través de un análisis de flujo de efectivo descontado, en el cual los costos del primer año de la instalación del depósito separador se comparan con el valor descontado del gas ahorrado (más las ventas de los líquidos de gas natural) durante la vida económica del proyecto.

Los Cuadros 9A y 9B presentan resultados hipotéticos de este tipo de análisis. Para todos los sistemas excepto los más pequeños, la instalación de un depósito separador en una unidad deshidratadora con una bomba de intercambio de energía recuperará la inversión en menos de un año, mientras que una unidad con bomba eléctrica recuperará la inversión en menos de dos años y medio.

**Cuadro 9A: Aspectos económicos de la instalación de un depósito separador en un deshidratador con bomba de intercambio de energía**

Tasa de circulación del trietilenglicol (gal/hora)	Costo de capital e instalación (\$) <sup>1</sup>	Ahorros de gas <sup>2</sup> \$/año	Ahorros totales <sup>3</sup> \$/año	Plazo de recuperación de la inversión (meses)	Rendimiento de inversión <sup>4</sup>
30	5,160	2,129	2,158	29	31%
150	5,560	10,643	10,792	6	193%
300	7,160	21,287	21,573	4	301%
450	13,920 <sup>5</sup>	31,930	32,365	5	232%

<sup>1</sup> Depósito separador horizontal, 80 por ciento de eventualidades en la instalación, 30 minutos de tiempo de asentamiento más el volumen semanal de líquidos de gas natural acumulados, cuando se recuperan.

<sup>2</sup> Gas valorizado en \$3.00/Mcf.

<sup>3</sup> Los ahorros totales más altos incluyen la recuperación de líquidos de gas natural (si existen) a 1 por ciento del gas recuperado, con valor de \$21/barril. Esta tasa de recuperación de líquidos de gas natural es solamente para estos ejemplos, se debe evaluar el potencial individual de cada lugar.

<sup>4</sup> IRR se basa en 5 años.

<sup>5</sup> Costo de dos depósitos separadores paralelos (para el tamaño a la medida) cuando el volumen de asentamiento sobrepase el tamaño de los depósitos.

**Cuadro 9B: Aspectos económicos de la instalación de un depósito separador en un deshidratador con bomba eléctrica**

Tasa de circulación del trietilenglicol (gal/hora)	Costo de capital e instalación (\$)¹	Ahorros de gas² \$/año	Ahorros totales³ \$/año³	Plazo de recuperación de la inversión (meses)	Rendimiento de inversión⁴
30	5,160⁵	710	719	No	No
150	5,160⁵	3,548	3,596	17	64%
300	5,160⁵	7,096	7,110	9	136%
450	7,160	10,643	10,671	8	149%

¹ Depósito separador horizontal, 80 por ciento de eventualidades en la instalación, 30 minutos de tiempo de asentamiento más el volumen semanal de líquidos de gas natural acumulados, cuando se recuperan.

² Gas valorizado en \$3.00/Mcf.

³ Los ahorros totales más altos incluyen la recuperación de líquidos de gas natural (si existen) a 1 por ciento del gas recuperado, con valor de \$21/barril. Esta tasa de recuperación de líquidos de gas natural es solamente para estos ejemplos, debe evaluarse el potencial individual de cada lugar.

⁴ IRR se basa en 5 años.

⁵ Costo del tamaño estándar mínimo de tanque.

Estos cuadros también ilustran el efecto de los líquidos de gas natural en el análisis. Debido a que las bombas de intercambio de energía arrastran tres veces más gas natural con el trietilenglicol enriquecido que las bombas eléctricas, el trietilenglicol libera más líquidos de gas natural en el depósito separador de líquido. Como resultado, el sistema de deshidratación de glicol con una bomba de intercambio de energía necesita un depósito separador con una mayor capacidad de almacenamiento. La mayor rentabilidad de las ventas de líquidos de gas natural justifica el costo adicional de los tanques más grandes. Con una bomba eléctrica, los líquidos de gas natural no se encuentran en cantidades económicas en el trietilenglicol, por lo tanto pueden usarse tanques del tamaño estándar más pequeño para las tasas de circulación entre 20 a 300 galones/hora. Sin embargo, cuando se necesita un tanque de 450 gal/hora, puede recolectarse y venderse una cantidad muy pequeña de líquidos de gas natural para reducir el costo del depósito separador.

Los aspectos económicos de instalar un depósito separador y optimizar las tasas de circulación del glicol dependen completamente de si el lugar tiene un uso beneficioso para la recuperación de gas en el depósito separador. Los participantes han reportado casos en donde las cabezas de pozo de las instalaciones de deshidratadores no incluían un compresor impulsado con motor, y el consumo de gas combustible del rehervidor era bastante por debajo de la cantidad de gas recuperada en el depósito separador. En este caso, el gas excesivo recuperado tendrá que ventilarse del depósito separador. En este tipo de operación, optimizar la circulación del glicol tiene un valor económico para reducir el gas que se ventila del depósito separador. Se necesitará el uso específico del lugar de combustible para evaluar los ahorros de emplear el depósito separador y optimizar la circulación.

## Lecciones aprendidas

Las tasas de circulación del trietilenglicol en los deshidratadores de glicol con frecuencia son dos a tres veces más altas que el nivel necesario para eliminar el agua del gas natural. La mayoría de los deshidratadores de producción no tienen depósitos separadores, lo cual puede ser un método eficaz de recuperar metano valioso del trietilenglicol que de otra manera se ventilaría a la atmósfera. Los participantes de Natural Gas STAR ofrecen las siguientes lecciones aprendidas:

- ★ Para mantener las tasas de circulación cerca de lo óptimo, eduque al personal de campo o a los contratistas de operación y mantenimiento sobre el método de calcular y ajustar las tasas de circulación, incluyendo cálculos de una “zona de comodidad”. Incorpore el ajuste de la tasa de circulación a las prácticas regulares de operación y mantenimiento.
- ★ Los operadores no deben reducir la cantidad de glicol del sistema, en lugar de la tasa de circulación; esto no logrará los ahorros deseados. Reducir la cantidad de glicol puede causar problemas con el sistema hidráulico de la bandeja, el desempeño del contactor y llegar al contacto accidental con los intercambiadores de calor de glicol a glicol.
- ★ Identificar todos los deshidratadores que operan sin depósitos separadores y recaudar la información necesaria para evaluar los aspectos económicos de la instalación de depósitos separadores.
- ★ En donde esté disponible alimentación eléctrica industrial (440 voltios o mayor), el reemplazar una bomba de intercambio de calor con una de motor eléctrico puede reducir el gas que se arrastra con el trietilenglicol hasta dos tercios, lo que reduce grandemente las emisiones de metano. En donde solamente esté disponible el servicio de 220 voltios, una bomba híbrida que combine el intercambio de energía de gas con la alimentación eléctrica para reducir la absorción de metano también puede reducir el metano absorbido en el trietilenglicol y las emisiones más bajas (vea las *Lecciones Aprendidas* de EPA: *Reemplazo de bombas auxiliadas con gas por bombas eléctricas (Replacing Gas-Assisted Glycol Pumps with Electric Pumps)*).
- ★ Dirija el metano recuperado a la sección de succión del compresor o al uso de combustible. Los participantes han reportado que el metano recuperado algunas veces contenía demasiada agua para poder usarse en los sistemas de instrumentos neumáticos.
- ★ Recolectar los líquidos de gas natural comerciables del depósito separador como fuente importante potencial de rentabilidad adicional.
- ★ Con el tiempo, los sellos de las bombas de intercambio de energía por gas pueden tener fugas, y contaminar el glicol puro y reducir la eficacia de la deshidratación. Los operadores no deben compensar por el glicol contaminado aumentando la tasa de circulación de trietilenglicol. En lugar de ello, la bomba de intercambio de energía debe evaluarse para repararse o sustituirse.
- ★ Registre la reducción de cada deshidratador y repórtelos en su Informe anual de Natural Gas STAR. Nota: los ahorros de metano que se obtienen al instalar tecnologías exigidas en los reglamentos de NESHAP, no deben reportarse al programa voluntario de reducción de metano de Natural Gas STAR.

Nota: La información de costo provista en este documento se basa en cálculos para Estados Unidos. Los costos de equipo, mano de obra y el valor del gas variarán dependiendo del lugar, y podrían ser mayores o menores que en los Estados Unidos. La información sobre costo presentada en este documento solamente debe usarse como guía al determinar si las tecnologías y las prácticas son convenientes económicamente para sus operaciones.

---

## Referencias

American Petroleum Institute. *Specification for Glycol-Type Gas Dehydration Units (Spec 12GDU)*. Julio de 1993.

Garrett, Richard G. Rotor-Tech, Inc. Contacto personal.

Gas Research Institute Environmental Technology and Information Center (ETIC). Contacto personal.

GRI y U.S. EPA. *Methane Emissions from Gas-Assisted Glycol Pumps*. Enero de 1996.

Griffin, Rod. Sivals, Incorporated. Contacto personal.

Henderson, Carolyn. U.S. EPA Natural Gas STAR Program. Contacto personal.

Moreau, Roland. Exxon-Mobil Co. USA. Contacto personal.

Robinson, R.N. *Chemical Engineering Reference Manual, cuarta edición*. 1987.

Reuter, Curtis. Radian International LLC. Contacto personal.

Rueter, C; Gagnon, P; Gamez, J.P. *GRI Technology Enhances Dehydrator Performance*. American Oil and Gas Reporter. Marzo de 1996.

Rueter, C.O.; Murff, M.C.; Beitler, C.M. *Glycol Dehydration Operations, Environmental Regulations, and Waste Stream Survey*. Radian International LLC. Junio de 1996.

Tannehill, C.C; Echterhoff, L.; Leppin, D. *Production Variables Dictate Glycol Dehydration Costs*. American Oil and Gas Reporter. Marzo de 1994.

Tingley, Kevin. U.S. EPA Natural Gas STAR Program. Contacto personal.



Agencia de Protección del Medio  
Ambiente de los Estados Unidos  
Aire y Radiación (6202J)  
1200 Pennsylvania Ave., NW  
Washington, DC 20460

EPA430-B-03-013S  
Diciembre de 2003